Aus der Universitätsklinik für Mund-, Zahn- und Kieferkrankheiten, Bonn
Direktor: Prof. Dr. med. Proell.

Die Mineralisation der Nagezähne milchgenährter Ratten im polarisierten Licht.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn.

Vorgelegt am 17. April 1936

von

Heinz Schafhausen,
Zahnarzt aus München-Gladbach.

Bonn 1936 / Buchdruckerei H. Trapp, Stiftsgasse 11.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn.

Referent: Prof. Dr. Proell.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit!

I. Einleitung
II. Genaue Angaben über Ernährung und Wachstum der Tiere.
III. Bisherige Untersuchungen mit dem Polarisations-Mikroskop.
IV. Polarisationstechnik.
V. Spezielles über die Untersuchungen.
VI. Auswertung der Versuche.

Mir war die Aufgabe gestellt, Tierversuche, die Proell schon seit längerem angestellt hatte, auszuwerten. Diese Versuche betreffen Ratten mit jeweils besonderer Milchnahrung. Die Nagezähne dieser Ratten als dauernd wachsende Organe, sollten zwischen gekreuzten Nicols auf ihre Mineralisation untersucht werden. Nach den bisherigen Untersuchungen von Proell-Diener war anzunehmen, daß das Dentin dieser Nagezähne als Testorgan für feinere Ernährungsstörungen in das Reich der Betrachtungen eingezogen werden konnte. Die vorliegende Arbeit soll ein Beitrag zu der Frage sein, in wieweit Nagezähne Stoffwechselfragen beantworten können.

Schmelz und Dentin bestehen zum größten Teil aus kalkphosphathaltigen Mineralien. Gassmann wies nach, daß dieses Phosphatocalziumcarbonat als Hauptbestandteil der Zähne und Knochen analog dem Apatit ist. Die Mineralien sollen demnach auch unter Berücksichtigung ihres anorganischen Aufbaues mit den Hilfsmitteln des Mineralogen untersucht werden. Mit Hilfe des Polarisations-Mikroskopes läßt sich neben der Gewebsstruktur die Orientierung der in die Zahngrundsubstanz eingelagerten submikroskopischen Kristallite berechnen.

Von Ebner gab uns die ersten Aufschlüsse über die Zahnhartsubstanzen in polarisiertem Licht. Schmidt reihte ihnen weitere Untersuchungen an.

Eingehend mit dem Zahnsystem im polarisierten Licht beschäftigten sich Proell-Gross. Speziell wurden die Untersuchungen über Störungen der Mineralisation der Zähne nach allgemeinen Stoffwechselstörungen von Proell-Diener fortgesetzt.

Wir nahmen Nagetierzähne für die Versuche, weil ihr dauerndes Wachstum das beste Testorgan für exogene und endogene Einflüsse bietet. An menschlichen Zähnen wäre bei geeignetem Material das Gleiche festzustellen.

Genaue Angaben über Ernährung und Wachstum der Tiere.

Die Tiere meiner Versuchsreihe wurden in einer Serie zu je 5 Tieren normal ernährt, die 4 weiteren Serien zu je 5 Tieren mit verschiedenen Milcharten. Bevor ich darauf eingehe, möchte ich noch einige aufschlußreiche und für uns zu beachtende Beobachtungen über die funktionelle Abhängigkeit des Wachstums der Nagetierzähne von der Ernährung und Beanspruchung vorausschicken.

Die pathologischen Erscheinungen eines Organismus häufen sich mit dem schnelleren Wachstum desselben. Degwitz wies weiter nach, daß bei Tieren, die im Dunkeln aufgezogen wurden, eine Umstimmung der Gewebe eintritt; nämlich eine Verminderung des Calzium-Phosphor und Natriumgehaltes der Gewebe! Der Weg dieser Tiere bis zur Rachitis z. B., ist kürzer, als solcher Tiere, die im Licht aufgewachsen sind. Dies mußten wir bei unseren Tieren ausschalten. Die Käfige standen in Luft und Licht. Für die Nichtunterbrechung der gewohnten Nagetätigkeit bekamen die Tiere Holzstücke, die 48 Stunden in Trockenluft von 200° gebracht worden waren, um etwaige Frischstoffe daraus zu entfernen. Diese wurden auch emsig benagt.

Stiller führte Messungen an Zähnen von Ratten durch, die Pflanzen-, Fleisch- und Gemischtkost bekamen. Die Farbe der Zähne der Gemischtkosttiere war gelb bis gelbbraun. Die pflanzlich ernährten Tiere wiesen besonders harten Schmelz auf. Bei Breifütterung fand sich eine graugelbe Farbe.

Die Zähne im Oberkiefer wachsen langsamer als die im Unterkiefer. Der U. K. übernimmt die eigentliche Nahrungszerkleinerung. Für den O. K. bleibt lediglich das Gleiten der unteren Zähne an den oberen und die weitere Zerreibung der Speise. Die unteren Zähne setzen ihr Wachstum auch bei Ausbleiben der Nagereize fort.

Da die Gemischt- und Pflanzenratten das stärkste Wachstum aufweisen (Körner, Wurzeln), schließen wir als Ursache auf den mechanischen Reiz: Druck und Stoß, während es bei Fleisch mehr ein Zerreißen ist. Im Zweifel könnte man zunächst sein,

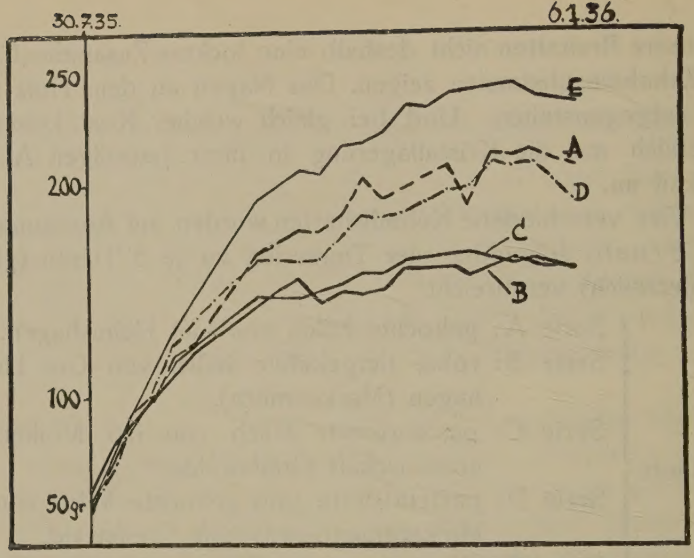
ob unsere Breiratten nicht deshalb eine lockere Zusammenfügung der Zahnbeinsubstanzen zeigen. Das Nagen an dem Holz sollte dem entgegenstehen. Und bei gleich weicher Kost kommt es schließlich auf die Kristallagerung in ihrer jeweiligen Andersartigkeit an.

Vier verschiedene Kuhmilcharten wurden auf Anregung von Prof. Proell, folgenden vier Tierserien zu je 5 Tieren (gleichgeschlechtlich) verabreicht.

je 5 Tiere
- Serie A: gekochte Milch von Gut Helmshagen.
- Serie B: rohe, tiefgekühlte Milch von Gut Helmshagen (Markenmilch).
- Serie C: pasteurisierte Milch von der Molkereigenossenschaft Greifswald.
- Serie D: pasteurisierte und gekochte Milch von der Molkereigenossenschaft Greifswald.
- Serie E: Gemischte Kost (Körner, Wurzeln, Fleisch, Brot).

Die Tiere wurden in lichthellen Käfigen gehalten und unter stete Kontrolle, sowohl in Bezug auf Fütterung, als auch auf Gewicht und Befinden, gestellt. Die verschiedenen Milcharten wurden mit Semmeln, die darin aufgeweicht, gegeben; und zwar wurden die Tiere zweimal am Tage gefüttert. Zwei harte Semmeln wurden jedesmal in der Milch aufgeweicht, den Tieren gegeben. Die Holzstücke zur Unterhaltung der Kautätigkeit erwähnte ich schon. Die Serie E wurde zu Vergleichszwecken gehalten.

Die Versuche bei den Serien B—E begannen am 26. Juli 1935. Diejenigen für die erste Serie der gekochten Milch-Tiere am 18. August 1935. Die Tiere wurden jede Woche gewogen, es waren im Anfang 2 × 5 Männchen und 2 × 5 Weibchen. Am 18. August kamen dann die 5 Ratten der Serie A hinzu, wovon aber ein Tier am 23. September getötet werden mußte, weil es trächtig geworden war. Die Tiere waren 6 Wochen alt und wogen ⌀ 50 gr. In bestimmten Zeitabschnitten wurde aus jeder Serie ein Tier durch Äther getötet und die Zähne untersucht (5. Nov. 35., 5. Dez. 35., die restlichen Tiere zusammen am 7. Januar 36). Die folgenden Kurven zeigen die Durchschnittsgewichte einer jeden Tierserie. Die Tiere wurden jede Woche gewogen.



A = Helmshagen gekocht. | C = Genossenschaft pasteurisiert.
B = Helmshagen roh. | D = Genoss. pasteur. und gekocht.
Gewichtszunahme der mit verschiedener Milch gefütterten Tiergruppen.

Auffallend auf den ersten Blick ist die verhältnismäßig gute „Konstitution" der mit gekochter Milch gefütterten Tiere. Der daraus resultierende Fettansatz ist die Ursache. Die Härteprüfungen der Zähne und ihre Mineralisation stehen nicht im analogen Verhältnis. Die gemischt-gefütterten Tiere zeigten die besten Gewichtsverhältnisse, während die mit roher und pasteurisierter Milch gefütterten Ratten sich ziemlich die Wage halten.

Die Zähne der Ratten wurden nach ihrem Tode unverzüglich in 3%igem Formalin mit physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt und nachher zum Schleifen in Kollolith auf ein Objektglas gebracht. Die mesialen Flächen der Nagezähne drückte ich dabei mit ihren planeren Seiten auf das Glas und erhielt die Zähne so mehr oder weniger in einer (Schleif)-Ebene. Auf einem feinen Sandstein, einem zweiten noch feineren Abziehstein und schließlich dem Arkansastein zum Polieren wurden die Schliffe in 30 — 60 µ Dicke hergestellt, natürlich von beiden Seiten der Pulpa beschliffen. Das Kollolith wurde in Xylol gelöst und die Schliffe in der üblichen Alkoholreihe entwässert, wieder in Xylol gebracht und in Kanadabalsam unter Deckglas eingebettet. Um eine möglichst dünne Schicht Balsam zu bekommen (Doppel-

brechung), beschwerte ich die so gewonnenen Präparate mit einem Bleiwürfel. Neben den Nagezähnen fertigte ich zur Kontrolle auch Schliffe von je einer oberen und einer unteren Molarengruppe an. Ich beließ die jeweils 3 Molaren in dem sie umschließenden Knochen und bekam so übersichtsreiche Bilder.

Zusammenfassung der bisherigen Untersuchungen.

Der Ursache eines Leidens wollen wir mit Hilfe der feineren Technik nachgehen, um Abhilfe schaffen zu können.

Wachstum und Mineralisation, die noch sehr unerforscht, sollen dabei im Vordergrund stehen. Es wurden Versuche laut, die durch Eingebung von Stoffen ins Blut (Kalksalze z. B. für die Zähne) das Wachstum zu beeinflussen suchten. Versuche solcher Art wurden auch von außen gemacht, wo man den Schmelz zu remineralisieren hoffte (Andersen).

Die Bedeutung der Mineralisation des Schmelzes und Dentins für den Kariesbeginn steht außer Zweifel. Nicht aber die Frage, ob die Ursache eine chemisch-parasitäre, oder eine durch die Konstitution bedingte ist.

Wie sehr die Mineralisation der Zahnsubstanzen auch weit nach Fertigstellung des Zahnes auf den Stoffwechsel des ganzen Körpers angewiesen ist, sehen wir schon an einfachen Störungen, wie bei Schwangeren, stärker noch bei Diabetikern. Eine Verschiebung des Körperstoffwechsels zieht den Zahn in Mitleidenschaft. So sieht Proell dahingehend die Grundursache für die Karies in einer angeborenen oder erworbenen Störung der Mineralisation und in einer gesteigerten Disposition. Speisereste, die saure oder bakterizide Wirkung haben, sind nur auslösende Momente. Stellung und Form der Zähne sind als prädisponierende Ursachen nicht außer Acht zu lassen.

Zur Erforschung der Zahnhartsubstanzen sind histologisch-chemische Versuche vielerlei Art gemacht worden.

Speziell über unser Fachgebiet erwähnte ich schon die Arbeiten von v. Ebner, Proell, Diener und Keil. Den Grundstein für alle Forschungen unter Zuhilfenahme des Polarisations-

mikroskopes legte v. Ebner. Er gab uns die ersten Aufschlüsse über Art der Doppelbrechung des Zahnbeins und des Schmelzes und die Richtung der optischen Achsen, also über Einlagerung der Kalkkristalle.

Einen Überblick über die Kristallisation gesunder und kranker Zähne zeigte uns Diener: Einen gesunden Zahn unter gekreuzten Nikols gebracht, zeigt bei geeigneter Einstellung und unter Einbeziehung des Gipsplättchens Rot I. O. den Zahnschliff in bestimmt getrennte Abschnitte. Die eine Hälfte ist dabei in Additions-, die andere in Subtraktionsstellung. Während das Bild in seiner Farbe rein äußerlich ziemlich gleich getönt war, die Kristallite also parallel geordnet lagen, gab die gestörte Mineralisation kranker Individuen ein buntes Durcheinander. Diese Verschiedenartigkeit in dem Gestörtsein, d. h. die jeweilige Richtung der c-Achse der Apatit-Kriställchen, wurden von Proell-Diener bei rachitischen und skorbutkranken Tieren festgestellt. Beim Menschen wird Parallelität vermutet. Und auf Grund der Voruntersuchungen sollen später auch die Zähne von gesunden und kranken Menschen (auch im Hinblick auf die Kariesanfälligkeit) untersucht werden.

Die Tiere mit weicher Kost gefüttert, zeigten nach Proell geringere Schäden als künstlich krank gemachte. Und zwar wurden diese meist im Gebiet zwischen Pulpa und Zahnspitze beobachtet. Die gekochte Kost setzt Vitaminmangel voraus; ebenfalls entspricht einer geringere Kauwerkbeanspruchung eine schlechtere Mineralisation. Wie wir in unseren Versuchen diesen Momenten begegnet sind, habe ich schon erwähnt. Wichtig ist, daß sich nach Untersuchungen von Proell-Diener die Kristalle im Dentin so anordnen, daß ihre Längsrichtung (kristallographische c-Achse) stets senkrecht zur Zahnoberfläche verläuft. Der Grund kann in der Druckverteilung bei der Kautätigkeit gesucht werden.

Polarisationstechnik.

Auf die Polarisationstechnik in ihrem ganzen Umfang brauche ich hier nicht einzugehen. Ich verweise da auf die Arbeiten von Schmidt, Gross und Diener.

Der Gang der mikroskopischen Untersuchungen erstreckte sich auf folgende Punkte:

1. Prüfung auf Doppelbrechung.
2. Bestimmung der Schwingungsrichtungen.
3. Unterscheidung der Schwingungsrichtungen nach der Größe der optischen Elastizität.

Liegt die optische Achse des Kristalls in der Richtung a, also in der Richtung größerer optischer Elastizität, so ist der Kristall negativ (wie z. B. Apatit); liegt die optische Achse in der Richtung c, bezeichnet man den Kristall als positiv. Dieses beiderseitige Verhalten wird als optischer Charakter der Doppelbrechung angesprochen. Die Feststellung der Lage der optischen Achse eines Kristalls ist Grundlage bei der Bestimmung der Kristallorientierung in den Zähnen.

Ein Zeichen war wegen der verschiedenen Helligkeitsverteilung im Präparat sehr schwierig. Nur bei gruppenweisem Vorgehen ließ es sich durchführen. Mikrofotographische Aufnahmen sollen das schematische Auszeichnen der Richtung der optischen Kristallachsen bei mehr oder weniger gestörter Mineralisation in ihrem wahren Bilde näher veranschaulichen. Von jeder Serie wurden Härteprüfungen durchgeführt, die in den Ergebnissen der Versuche noch erwähnt werden.

Die Zahnschliffe untersuchte ich mit Hilfe des Polarisationsmikroskopes in der Weise, daß ich den jeweiligen Zahn von seinen einzelnen Abschnitten der Auslöschstellung aus auf 45^0 in Additions- und Subtraktionsstellung drehte. Auf einem dem drehbaren Objekttisch nachgebildeten kreisförmigem Papier zeichnete ich mir die Richtung der optischen Achsen der Kristalle dieser Abschnitte jeweils ein. So erhielt ich neben dem klar ersichtlichen mikroskopischen Bild eine genau skizzierte Wiedergabe des Aufbaues der Zahnkristallite. Von jeder Serie will ich neben der ausführlichen Beschreibung aller mikroskopischen Bilder, die am häufigsten übereinstimmenden und deshalb charakteristischen Vergrößerungen in der getreuen Farbenfotographie wie in der erklärenden Zeichnung wiedergeben.

Ergebnisse.

Diener beschrieb schon die Zahnschliffe von gesunden Tieren als „ein Bild gleichmäßiger Tönung der Interferenzfarbe, das auf der regelmäßigen Anordnung der anorganischen Kristallite in die organische Grundsubstanz resultiert". Gegenstand der Beschreibung soll zunächst die Serie der Normaltiere sein, die ich zwar in meiner Untersuchungsreihe zuletzt durchgeführt und genannt, für das bessere Verständnis aber vorangestellt habe.

Serie E, Normaltiere, gemichtgefüttert.

Wie rein äußerlich die Gewichtskurven und auch die Härteprüfung ergaben, lassen die Tiere auf die kräftigsten Zähne schließen. Die Zähne waren gegenüber den übrigen auch stärker, größer und brauchten mehr Zeit zum Schleifen. Neben den Nagezähnen waren auch die Molaren sehr fest und gesund.

Tier 1:

Von diesem Tier untersuchte ich an 6 Zahnschliffen die Mineralisation. Bei dem unteren linken Nagezahn brachte ich im Polarisations-Mikroskop die Zone der Spitze auf Auslöschstellung. Diese Stelle um 45^0 in Additionsstellung gebracht gab ohne Gips I. O. eine graublaue Farbtönung, mit dem Gipsplättchen in derselben Diagonalstellung eine ganz einheitliche blaue Tönung. Die optischen Achsen, in dem dazu gehörigen 45^0-Winkel eingezeichnet, ergaben, wie schon das Bild zeigte, eine Richtung ihrer Kristallachsen senkrecht zur Oberfläche. Mit allen Abschnitten wurde in gleicher Weise verfahren. Es resultierte überall, gemäß der gleichbleibenden Tönung unter 45^0, die gleiche Einlagerung der Kristalle und zwar immer senkrecht zur Oberfläche. Die Verlängerung der Pulpa sowie der schmale Streifen Prädentin zeigten geringe Abweichungen, die sich aus der Unfertigkeit (Odontoblasten) dieser dünnen Schicht selbst erklärt. Von der „Demarkationszone" von der Pulpa bis zur Schneide sprach ich schon. Hauptaugenmerk wollen wir auf das Dentin als Ganzes legen; jene letzt erwähnten Stellen bei etwaigen Störungen natürlich näher betrachten. Der Zahnschliff ergibt

also in seiner ganzen Auszeichnung der optischen Achsen ein Bild, wie es die schematische Auszeichnung in der Abb. 1 wiedergibt. Die Kristallite sind alle senkrecht zur Oberfläche geordnet. Eine Störung ist nicht wahrzunehmen.

Der zweite Schliff des rechten unteren Nagezahnes ergab für alle Zonen in Additions- und auch in Subtraktionsstellung das gleiche Bild. Geringe Unterschiede von 3 — 5^0 waren nur wieder in Pulpennähe (Prädentin). Die Auszeichnung ergab dieselbe Kristallanordnung wie oben.

Bei dem linken oberen Zahnschliff war die verbreiterte Zone genau wie bei dem rechten oberen Zahn vorhanden. In der Folge stellte sich heraus, daß die oberen Zähne in ihrer Gesamtheit nicht so einheitlich mineralisierten wie die unteren. Den geringeren Kalkgehalt führe ich darauf zurück, daß die oberen Zähne weniger beansprucht werden und deshalb langsamer sich „festigen". Die unteren Zähne nämlich sind die eigentlichen Hämmer und Kauer. Die erheblich stärkere Kautätigkeit und die schnellere Abnutzung haben als Voraussetzung eine dementsprechend schnellere Mineralisation.

Die Molaren bestätigen sowohl in ihrer Festigkeit wie auch in der Einheitlichkeit des Dentins das oben Gesagte. Die Höcker waren normal abgekaut und die Zähne boten ein kräftiges, ungeschädigtes Aussehen.

Tier 2.

Das zweite normal gefütterte Tier wurde 4 Wochen später getötet. Es wog 289 gr. Die Zähne boten das gleiche gesunde Aussehen.

Ein unterer Nagezahnschliff hatte die gleiche einheitliche Gesamtorientierung der Kristalle in dem organischen Gerüstgewebe, d. h. die optischen Achsen der Kristallite verliefen nach der Farbtönung und den Berechnungen in den einzelnen Zonen alle senkrecht zur Oberfläche des Zahnes.

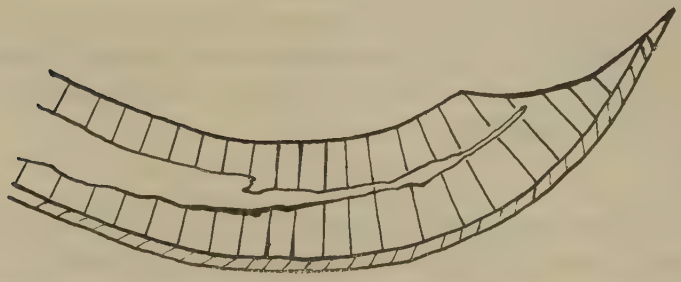
Ein oberer Schneidezahn zeigte im Verhalten der Kristallanordnung wieder in polarisiertem Licht das Bild, welches an den im konvexen wie im konkaven Bogen senkrecht zur Oberfläche eingeordneten Kristallen, sich ein Streifen noch in Mineralisation befindlicher Kalksalze anschloß. Interessant war die

Beobachtung und Bestimmung der Kristallite in der Übergangszone; also dem Streifen zwischen fertigem und noch in Mineralisation befindlichem Dentin. Die Kristalle schienen sich in ihrer Einordnung zu dem fertigen Dentin hin in die gleiche optische Lage aufzurichten. In Farbtönung und Lage der Achsen wiesen sie gleichsam darauf hin, daß es nur eine zu frühe Unterbrechung in der Mineralisation war, um diese in der gleichen Weise durchzuführen.

Die Molaren zeigten neben der äußeren Festigkeit mit normaler Abkauung der Höcker die gleiche einheitliche Erscheinung des Dentins in den entsprechenden Einstellungen.

Tier 3.

Die Nagezähne, die wiederum 4 Wochen später untersucht wurden, boten keinerlei Abweichungen von denen der vorhergehenden Normaltiere.



Schematische Darstellung der Kristallorientierung im unteren Nagezahn eines Normal-Tieres. Die Striche im Zahn bedeuten die Richtungen der c-Achsen der Kristalle,

Bei den Molaren dagegen fiel an den Wurzelspitzen eine ziemlich starke Hyperzementosenbildung auf. Irgend ein Reiz ist hierfür als Ursache anzusehen. Ob diese Erscheinung normal ist, oder woraus sie resultiert, soll demnächst von anderer Seite näher untersucht werden. Die Abschleifung der Höcker und der Aufbau des Dentins zeigten keine Absonderheiten.

Tier 4:

Die Bilder gleichen ganz den vorhergehenden. Eine Störung war nicht vorhanden.

Die Molaren zeigten wieder die gleiche geringe Abschleifung und das Auftreten der Hyperzementosen an den Wurzeln.

Tier 5:

Von diesem Tier untersuchte ich 4 Schliffe, die die gleiche Gesamtorientierung der Kristallite zur Oberfläche zeigten. — Die Molaren waren gering abgeschliffen. Ebenfalls waren an den Wurzelenden die Hyperzementosen vorhanden. Von den beiden restlichen Zähnen wurden Härteprüfungen durchgeführt.

Kurz zusammengefaßt sahen wir bei allen Normaltieren ein regelmäßiges Bild der Anordnung der anorganischen Kristallite in die organische Grundsubstanz.

In der gleichen Weise sollen nun die Resultate der mit verschiedener Milch gefütterten Tiere wiedergegeben werden.

Serie A: mit gekochter Milch gefüttert.

Die Zähne dieser Tiere waren weicher, als diejenigen der E-Tiere, was sich in der Schliffzeit schon bemerkbar machte. Die Zähne waren schmaler und ihre gelbliche Farbe war geringer ausgeprägt.

Tier 1:

Der linke untere Nagezahn bot ein ganz anderes Bild in Additionsstellung wie ein Zahn eines Normaltieres: Die Interferenzfarben wechselten in längsgestreifter Reihenfolge, besonders stark in dem vorderen Abschnitt. Störung der Kristalleinlagerung im fertigen Dentin verfolgte ich von der Auslöschstellung einzelner Zonen über Additions- oder Subtraktionsstellung und zeichnete mir die Lage der optischen Achsen der Kristallite zu einem Bilde zusammengefügt ein. Bei dem ersten Tier sehen wir im ersten Drittel des Zahnes im polarisiertem Licht eine völlige Desorientierung in den Richtungen der eingelagerten Kristalle. Zur Mitte des Zahnes tritt eine Ordnung ein, die optischen Achsen verlaufen normal, um dann in der Mitte der konkaven Seite nochmals um 30 — 35° in schmalen Streifen von der Richtung abzuweichen. An der lingualen Seite ist die

Störung am stärksten. Die Kristalle scheinen in ihrer Mineralisation nicht den Nachschub an Kalksalzen gehabt zu haben, der für die Abnagung und den Ersatz des Zahnes notwendig ist. Die Pulpa reicht bei weitem nicht so weit, wie bei den Normalzähnen. Die „Demarkationszone" gegen die Abschleifung herrscht in bedeutend weiterer Tiefe vor. Sie scheint völlig verkalkt und bildet den mittleren, den Zahn sozusagen in zwei Hälften zerlegenden Streifen.

Der Schliff des rechten unteren Nagezahnes gibt die gleichen Erscheinungen wieder. An den Rändern: senkrecht gelagerte Achsen der Kristalle, die in der Mitte des Dentins jetzt Dachreiterform annehmen, um wieder im Winkel dazu in die verkalkte, verlängerte Pulpa überzugehen. An der lingualen Schneidekante des Zahnes liegen in einer Zone die Kristalle parallel zur Außenfläche des Zahnes. In der Mitte des lingualen Bogens sind die Kristalle ebenfalls wieder in einem stumpfen Winkel zur Mitte hin geordnet.

Die beiden oberen Nagezähne zeigen dieses Bild noch krasser, wenn auch das oben Gesagte für diese Zähne in Betracht gezogen ist. Im ersten Drittel herrscht eine völlige Buntheit der Interferenzfarben, die sich sowohl im konvexen wie im konkaven Bogen in sich verdünnenden Streifen fortsetzt. In Additionsstellung hörten diese Streifen am Ende des zweiten Drittels auf. In einheitlicher Farbe leuchtete der Zahn dort in beiden Diagonalstellungen auf.

Die Molaren waren stark abgekaut. Die Störungen waren auch hier im Dentin in der jeweiligen Einstellung zu erkennen. Die Verdickungen an den Wurzeln waren noch stärker als bei den letzten Normaltieren.

Tier 2:

Sowohl bei den unteren, wie bei den oberen Zähnen erhielt ich die Bestätigung für das oben Festgestellte. Bei den oberen Zähnen fand ich eine noch etwas ausgeprägtere Form der Störung. Die optischen Achsen in dem lingualen vorderen Abschnitt verliefen in breiterer Zone oft senkrecht zu denen der normalen. — Die Molaren wiesen eine nicht so ausgeprägte Hyperzementosenbildung auf.

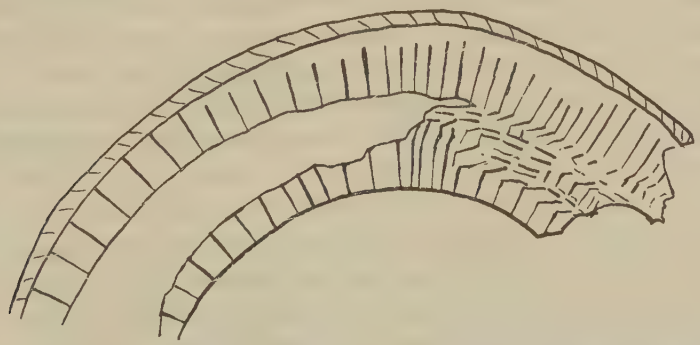
Tier 3.

Die Störungen lagen wieder im ersten Drittel der Zähne; die sich bis zum hinteren Abschnitt des Zahnes fortsetzenden bunten Streifen gestörter Mineralisation fehlten. Auffallend war die sonstige Übereinstimmung der Störungszonen mit denen der anderen Zähne. Auch die Verschiebungen in der Lage der Kristallite stimmten in den betreffenden Abschnitten in ihren Winkeln fast genau überein. Ich fertigte mir von allen Zähnen genaue chematische Reproduktionen an, die in ihrer vergleichenden Übereinstimmung der eingezeichneten Achsen oft verblüffend waren. Eine genaue Beschreibung jedes einzelnen Schliffes halte ich deshalb für zu weitläufig.

Die Molaren waren stärker abgekaut. An einer Wurzel zeigten sich die Hyperzementosen besonders groß. Die Störungen im Dentin waren bei den oft wechselnden Diagonaleinstellungen deutlich zu verfolgen, besonders in der Nähe des Cavum; eine Zeichnung aber wegen der verschieden getroffenen Schnittrichtung der Wurzeln kaum möglich.

Tier 4.

Die Zähne dieses Tieres zeigten die deutlichsten und umfangreichsten Störungen der Mineralisation. Das oben Angeführte trifft auch hier zu. Nur waren die Zonen der Buntheit der Interferenzfarben im Dentin etwas breiter. Die Richtungen der Kristallachsen waren noch mehr gegeneinander geneigt und gaben ein ungeordnetes Bild. — Die Molaren stimmen mit denen des dritten Tieres überein.



Schematische Darstellung des Zahnes eines mit gekochter Milch gefütterten Tieres mit Einzeichnung der teilweise gestörten c-Achsen der Apatitkristalle.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Im Gegensatz zu den Normaltieren haben wir eine Störung der Mineralisation, besonders im ersten Drittel des Zahnes und doch wieder erheblicher auf der lingualen Seite. Die optischen Achsen der Kristallite sind dort „dachreiterartig" gegeneinander gelagert. Unsere Vermutung, daß die durch das Kochen der Milch zerstörten Vitamine B und C eine Änderung im Zahnaufbau mit sich bringen beweisen die Resultate.

An den Ergebnissen aus den anderen Serien soll eine etwaige Übereinstimmung evtl. Störungen in den einzelnen Serien festgestellt werden.

Serie B: Rohmilch.

Wie die Kurve zeigt, haben die Tiere ein bedeutend geringeres Gewicht als die der Serie A, bei welchen dies durch den hohen Fettansatz bedingt war.

Tier 1.

Gewicht 150,8 gr. Ich fertigte von allen Nagezähnen und je einer Molarenreihe Schliffe an.

Die beiden unteren Zähne ergaben in Subtraktionsstellung o. G. eine gelbe Tönung. Mit eingeschobenem Gipsplättchen I. O. war ein einheitlich gelbblaues Bild der Interferenzfarben zu sehen. Die optischen Achsen ließen sich leicht bestimmen. Sie verliefen auffallend alle wieder senkrecht zu den Oberflächen der Zähne. Eine geringe Störung und Abwinkelung gegen die Schneide hin fand sich nur in Pulpennähe angrenzend an die Prädentinschicht. Dieser Streifen war sehr schmal, befand sich beidemale nur in der Zone der verlängerten, verkalkten Pulpa. Von beiden Seiten der eigentlichen Pulpahöhle verliefen die Kristallite wieder in geordneter senkrecht-paralleler Einstellung.

Die beiden oberen Nagezähne wiesen erheblichere Störungen auf; aber nur zwischen Pulpa und Schneide. Ein Streifen zeigte sich in der bunten Interferenzfarbe des sonst in einheitlicher blauer Additionsfarbe aufleuchtenden Schliffes auf der lingualen Seite, ein unterbrochener schmaler Streifen auf der konvexen Seite. Die Pulpa war in ihrer Verlängerung wieder verkalkt und teilte in ihrem roten Aufleuchten die beiden Störungs-

zonen. Sonst zeigten die Schliffe an keiner Stelle mehr eine auf Störung schließende, außergewöhnliche Interferenzfarbe.

Die Wurzeln der Molaren waren im Schliff ungünstig getroffen. Bei zwei ganz erhaltenen Wurzeln bemerkte ich keine Hyperzementosen. Die Abkauungen schienen mir nicht so stark wie bei den A-Tieren.

Tier 2.

Eine Störung in der Kristallisation konnte ich nur in engumgrenztem Gebiet beiderseits der verlängerten Pulpa feststellen und von der oben erwähnten Prädentinschicht war das Aufleuchten in den Interferenzfarben kaum oder gar nicht zu unterscheiden. Ich möchte das Aufleuchten eher für eine verbreiterte, noch nicht endgültig verkalkte Prädentinzone halten.

An den oberen Zähnen waren die Störungen in ihrem Umfang analog den oberen Zähnen des ersten Tieres und zwar nur in zwei Streifen von der Pulpa bis zur Schneide. An einem Molarenschliff zeigten sich keine Absonderheiten.

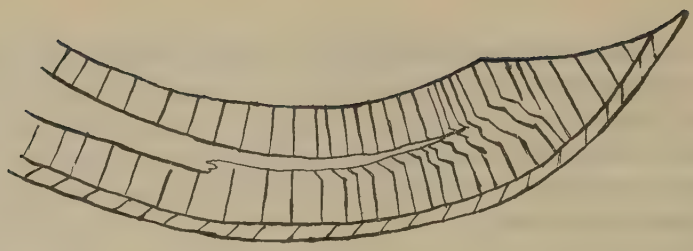
Tier 3.

Die unteren Nagezähne muteten in Farbe und Härte ganz gesund an; wenn auch die Ausmaße gegenüber den Normalzähnen zurückgeblieben waren. In allen Abschnitten zeigten die Schliffe gleichen optischen Charakter. Die Verlängerung der Pulpa in ihrem schmalen Streifen ungeordneter Verkalkung war die einzige Unterbrechung der überall einheitlichen Interferenzfarben in den betreffenden Diagonalstellungen. Bei dem oberen Zahn war die Störung sogar geringer als bei Tier 1 und 2.

Die Molaren hatten kurze Wurzeln, das Dentin schien einheitlich zu sein. Die Abkauung war stärker als normal. Kleine Hyperzementosen konnte man an den einzelnen Wurzeln beobachten.

Tier 4.

Eine Stelle mit andersartigem Verhalten zeigte sich bei einem unteren Zahn eigenartiger Weise neben der üblichen in der Pulpenverlängerung, in der Mitte des Zahnes im konvexen Bogen über der verkalkten Zone. Und zwar reichte sie vom Ende des ersten Drittels bis zum Anfang des letzten Drittels.



Schematische Darstellung eines unteren Nagezahnes eines Rohmilch-Tieres mit Einzeichnung der c-Achsen.

Ein oberer Zahnschliff war übereinstimmend mit Tier 3. — Die Molaren zeigten eine noch stärkere Abkauung der Höcker, aber kaum Hyperzementosen. (Serie B. = Abb. 3.)

Tier 5.

Die unteren Zähne waren nicht sehr breit, zeigten aber eine gute (normale) Kristallisation. In den Diagonalstellungen ergab sich stets das gleiche ungestört-einheitliche Bild. Selbst die Störung in Pulpenverlängerung fiel weg. Es muß dabei aber in Erwägung gezogen werden, ob diese dünne Schicht nicht beim Schleifen wegpoliert wurde. Ein oberer Zahn bot wieder ein zum Verwechseln gleiches Bild mit dem des vorigen Tieres. Die Zähne schienen mir beim Schleifen wieder härter, wogegen diejenigen von Tier 3 und 4 weicher zu sein schienen.

Die Molaren zeigten geringe Hyperzementosen und ein einheitliches Dentin.

Bei der B-Serie fanden sich an den unteren Zähnen also keine nennenswerten Störungen, die oberen zeigten das übliche kalkärmere Bild.

Serie C: mit pasteurisierter Milch gefüttert.

Tier 1.

Die Zähne waren weich und verfärbt. Das Tier wog 158,4 gr. Ich stellte 5 Schliffe her. Die unteren Zähne zeigten in Subtraktionsstellung die gleichen geringen Abweichungen in den Winkeln der sonst normal verlaufenden optischen Achsen wie die Rohmilchtiere und zwar im ersten Drittel angrenzend an die verkalkte Pulpa. Der Winkel der Abweichung betrug 5—9°. Von einer Störung darf man also noch nicht sprechen. An der lingualen Seite war dieser Streifen etwas breiter. —

Diese eigenartige Erscheinung, daß im lingualen Bogen jede Störung immer stärker ist als im labialen Bogen, beruht wohl einzig und allein auf der Druckverteilung im Zahne bei der Kautätigkeit. Die Zähne sind nach innen gebogen. Der Druck konzentriert sich an dieser Stelle, weil der Zahn dort auch nicht mehr in der Alveole steckt und die hohe Beanspruchung und der dauernde Druck gestatten nicht eine ebenso schnelle Einlagerung der Kalksalze in das organische Gerüst. Dem entsprechen auch die Skizzen, sowohl im großen Umfange bei gestörten Zähnen, wie in kleineren Zonen der noch ungeordneten Mineralisationsstreifen bei den Normalzähnen.

Die oberen Zähne zeigten geringere Störungen als bei den B-Tieren. Die Streifen entsprachen wohl in ihrer Lage denen von B.

Die Molaren zeigten ein einheitliches Dentin, geringe Hyperzementosen und geringe Abschleifung. Dagegen beobachtete ich an einigen Stellen, wo die Höcker abgeschliffen waren, transparente Zonen, die in einem Dreieck dem Verlauf der Dentinkanälchen entsprachen. Deutlich war dieses Bild bei der Auslöschstellung. Ob von Karies gesprochen werden kann, läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen. Es kann ebenso ein Eindringen von Luft in die durch die Abkauung eröffneten Dentinkanälchen sein.

Tier 2.

Die unteren Zähne zeigten nur einen bunteren dünnen Streifen in der Pulpenverlängerung, was auf die Demarkations-Verkalkung der Pulpa zurückzuführen ist. Eine eigentliche Störung war nicht vorhanden.

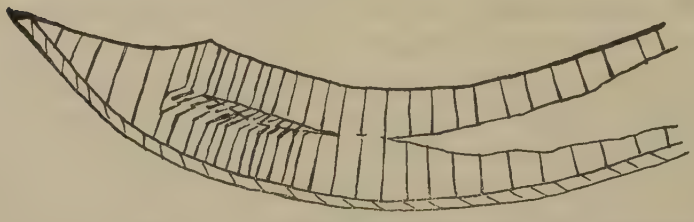
Der typische Streifen in einem oberen Zahnschliff war etwas breiter. Sonst analoges Bild zu den B-Tieren.

Die Molaren zeigten wieder transparente Zonen. Aber auch unter stärkerer Vergrößerung läßt sich kein Nachweis für Karies führen. Ein Ausgefranstsein der Stellen fehlt gänzlich; einem Bild, wie etwa eingedrungener Bakterien, gleicht die Erscheinung nicht. Ich halte sie für Luft in den Dentinröhrchen.

Tier 3.

In einem unteren Zahnschliff war eine „Störungsstelle“ nachzuweisen, die in keilförmiger Form zur Mitte hin auslief und zwar nur an der lingualen Seite.

Der obere Zahn bot das bisher ungestörteste Bild, wenn auch die die Pulpa begleitenden Zonen gewürfelter Mineralisation nicht verschwunden waren. — Die Molaren waren weniger abgeschliffen und boten neben einem einheitlichen Dentin nur geringe Hyperzementosenbildung.



Schematische Darstellung des unteren Nagezahnes eines mit pasteurisierter Milch gefütterten Tieres.

Tier 4.

In Subtraktionsstellung zeigten die unteren Zähne überhaupt keine Störungen. — Die oberen Schliffe waren ebenfalls ohne nennenswerte Verschiebungen. Die üblichen Zonen um das Prädentin betrugen 3—4° Winkelstellung.

Die Molaren zeigten wieder die transparenten Zonen. Wegen ungünstiger Schliffrichtung waren Hyperzementosen nicht zu sehen.

Tier 5.

Die gelbe Farbtönung der Subtraktionseinstellungen wurde nur in keilförmiger Form wieder von der Schneide zur Mitte hin unterbrochen. Diesmal war dieser Teil am unteren Nagezahn von beiden Seiten der Pulpenverkalkung, reichte aber nicht weit. Eine geringe Verschiebung war noch in der Mitte des lingualen Bogens festzustellen, wo die Kristallite in der Mitte des Dentins von der einheitlichen senkrechten Richtung ein wenig abwichen.

Die oberen boten von allen Zähnen das beste Bild! Von einer eigentlichen gestörten Mineralisation war nichts zu sehen.

Ein Schliff der unteren Molaren war zu dünn, um etwas Bestimmtes darüber auszusagen. Hyperzementosen konnte ich nicht wahrnehmen.

Das Gesamtbild möchte ich mit dem der Rohmilch vergleichen; wenn nicht die Ergebnisse in der letzten Serie noch klarer und einwandfreier, besonders auch bei den oberen Zähnen waren.

Die letzte Serie D der mit pasteurisierter und danach gekochter Milch gefütterten Tiere zeigten in Größe und Farbe die schlechtesten Zähne. Mit bloßem Auge war in den Molarenfissuren Karies zu erkennen, die sich bei näherer Betrachtung mit Lupe und Mikroskop und beim Sondieren nurmehr als solche erwies. Die Tiere waren im Durchschnitt denen der Serie A an Gewicht ähnlich. Die Präparate der Nagezähne zeigten an der Schneide eine ausgeprägte dreimal nach lingual abgewinkelte Abnützung, was wohl auf größere Weichheit der Partien zurückzuführen ist.

Tier 1.

Die größten der bisher angetroffenen Störungen waren an den unteren Zähnen. In ihren Auszeichnungen der im labialen Bogen besonders stark gegen- und ineinandergeschachtelten Kristalle ähnelten sie sich sehr. Bei dem linken Zahn war die Zone im konvexen Bogen nur breiter und unregelmäßiger, in der mehrfachen Abwinkelung der optischen Achsen bis zu fast wagerechter Lage, als bei dem rechten. Dort war dafür der Streifen im labialen Bogen weit bis über die Mitte des Zahnes ausgedehnt. In der Gegend der Schneide ließen bei beiden Zähnen die buntesten Interferenzfarben in der Diagonalstellung auf schlechte Mineralisation schließen.

Die oberen Zahnschliffe ergaben in dem Umfang der beiderseitig gestörten Zone gleichfalls die buntesten Farben und somit die schlechteste Mineralisation aller Zähne. Eine Auszeichnung der optischen Kristallachsen war wegen des Durcheinanders der eingelagerten Kristallite in den Zonen oft kaum möglich (Vergl. Abb. 5).

Die Molaren zeigten das gleiche Verhalten im Dentin. Hinzu kamen eine große — fast glatte — Abschleifung der Höcker und die Fissuren boten in ihrer höhligen Ausgefranstheit ein deutliches Bild der Karies. Die ausgezackten kariösen Herde zeigten auch im Verlauf der Dentinröhrchen die von Bakterien in Mitleidenschaft gezogenen Zonen. Ein Zweifel war ausgeschlossen, nach dem bei stärkster Vergrößerung das Bild noch deutlicher dahingehend wurde.

Tier 2.

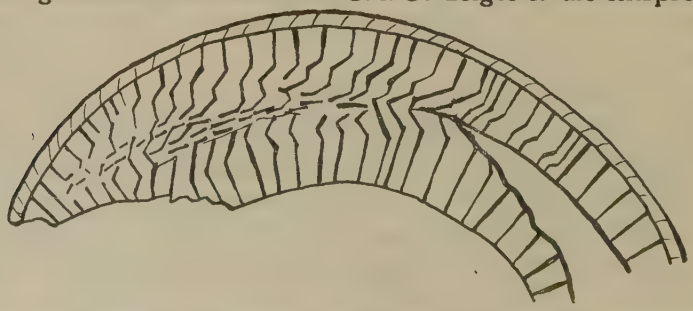
Bei den unteren Zähnen war die Störung im konkaven Bogen noch etwas breiter und vor allem: nicht wellig, sondern gezackt verlaufend. — Ein oberer Zahn bot dagegen nicht ganz so ausgedehnte Störungszone wie bei Tier 1. Ein Teil des konvexen Bogens war abgeschliffen und deshalb nicht zur Untersuchung zugänglich. — Die Molaren waren wieder kariös. Eine starke, bröckelig anmutende Abkauung zeigte das mikroskopische Bild mit starken Störungen im Dentin.

Tier 3.

Die Störungen waren sowohl bei den unteren wie bei den oberen Zähnen die gleichen wie bei den entsprechenden Zähnen des vorigen Tieres. Die ausgezeichneten Bilder zeigten kaum eine Abweichung. Vielleicht waren die Zonen in den unteren Zähnen etwas schmäler. — Die Molaren hatten wieder die starke Abkauung und neben den Störungen im Dentin die stark kariösen Stellen.

Tier 4.

In Additionsstellung o. G. war der Schliff eines unteren Zahnes graublau bis weiß. Mit G. I. O. zeigte er die entsprechen-



Schematische Darstellung desselben Zahnes eines mit pasteur. u. gekochter Milch gefütterten Tieres mit Einzeichnung der gestörten c-Achsen der Apatitkristalle.

den blau bis grünen Interferenzfarben nur an den Außenrändern des Zahnes. Die Störungen lagen diesmal besonders weit zur Mitte des Schliffes hin. — Die oberen Zähne zeigten die Störungen in breiten Streifen von der Schneide bis zum Zahnende. An der Spitze war die bunte Würfelung fast in der ganzen Breite des Zahnes. — Die Molaren wiesen wieder alle oben genannten Symptome auf. Eine geringere Hyperzementosenbildung kam hinzu.

Tier 5.

Die schwierige Auszeichnung der Lagen der optischen Kristallachsen ergab ein der Buntheit im Polarisations-Mikroskop entsprechendes, stark verschobenes Bild: An den Außenflächen senkrecht beginnender Verlauf der Achsenrichtung, der dann in drei- bis fünfmaliger Abwinkelung oft in wagerechte Lage übergeht. Stark war die Zone bei den unteren Zähnen im konvexen Bogen, wo sie an der Schneide breit begann, etwas dünner wurde, um gegen die Mitte des Zahnes an Breite wieder zuzunehmen. Gegen Ende des Schliffes verlor sie sich im Übergang in die Pulpenhöhle. Der linguale Bogen zeigte die Störungen nicht in diesem breiten und ausgewählten Streifen; meist waren die Achsen dort um 45^0 gegeneinander abgewinkelt. Die oberen Zähne boten die gleichen Störungen wie die vorigen. — Die Molaren zeigten wieder die starken Abschleifungen mit den ausgehöhlten, transparenten kariösen Stellen in Auslöschstellung, dagegen fehlten die Hyperzementosen.

Von dieser letzten Serie läßt sich demnach sagen, daß sie von allen Milchversuchen die ungünstigsten Resultate zeitigte. Nicht nur die nachgewiesenen groben Störungen im Dentin der Nagezähne, sondern auch das krankhafte Bild der kariösen Molaren zeugen hierfür. Ebenfalls ergaben die Härteprüfungen das gleiche ungünstige Bild.

Vergleichend will ich in einem Überblick die Ursachen dieser, schon allein sprechenden Ergebnisse kurz zusammenzustellen versuchen. Wenn es auch weiteren Untersuchungen vorbehalten sein wird, an Hand von menschlichen Zähnen und unter besonderer Hinzuziehung des Vitaminproblems endgültige Schlüsse

zu zeitigen, so will ich hier nur kurz die Ernährungsweise und damit den Mangel an den jeweiligen Vitaminen zusammenfassen:

Die Normal-Tiere in ihrer ungestörten, d. h. alle Vitamine enthaltenden Ernährungsart, zeigten im Aufbau des Zahnbeins keine auf Fehler schließen lassende Abweichungen.

Die Nahrung der 4 übrigen Tierserien bestand aus Kuhmilch. Diese enthält, wie ich schon oben erwähnte, die Vitamine A, B und C. Wie Stepp, Holtz und Fröhlich nachwiesen, setzt eine einseitige Ernährung mit Kuhmilch immer eine geringe Stoffwechselstörung voraus, die sich auch im Zahnbild bemerkbar machen muß. So zeigten die Resultate der mikroskopischen Untersuchungen bei manchen, sonst gesund anmutenden Tier-Serien oft geringe Verschiebungen, die allein darauf zurückzuführen sind. Frühere Versuche, so z. B. von Fröhlich, scheiterten in ihrem Umfange daran, daß die Tiere die Kost mieden und eingingen (Meerschweinchen bei Skorbutfütterung!). Unsere Ratten blieben alle am Leben (bis auf ein Tier, das getötet werden mußte). Sie nahmen von der allein ihnen zur Verfügung stehenden Milchkost demnach reichlich zu sich. Die krasseren Störungen sind deshalb nur auf die Ernährungsweise zurückzuführen. Sogenannte „Hungererscheinungen" darf ich bei den Versuchen ganz ausschließen. 2 Tiere der D-Serie fielen bei der Fütterung durch außergewöhnliche Blutfülle der unteren Schleimhäute auf, was durch das in der gekochten Milch verloren gegangene Vitamin C auf beginnende, skorbutähnliche Erscheinungen schließen lassen kann; ebenfalls zeigte sie ein Fehlen des Vitamins A an, was Verminderung der Epithel-Schutzfunktion der Schleimhäute bedeuten würde. Damit haben wir schon das charakteristische Symptom bei Mangel des Vitamin A: entzündliche Erscheinungen an Augen und Schleimhäuten.

Neuerdings haben die Amerikaner entdeckt, Weinstärk und Hess, daß chemisch reine Körper, wie Cholesterine und Phytosterine durch Lichtenergie Vitamin A-Charakter gewinnen. Die biochemische Einheit (= Ratteneinheit) ist gegeben, wenn bei 60% vitaminfrei ernährten Ratten noch eine wöchentliche Gewichtszunahme von mindestens 3 gr den Ausbruch der charakteristischen ophthalmischen Erscheinungen verhütet. Dies war unbedingt bei unseren Versuchen der Fall. Daraus ergibt

sich wiederum die Tatsache, daß auch die kurz aufgekochte Milch noch Teile des Vitamins enthält, wenn auch die empfindlichsten B und C stärker zerstört wurden.

Das Vitamin B, das neben der Milch in Früchten enthalten und bei Mangel auf das Nervensystem wirkt, zeigt dies durch Wachstumsverzögerung bis zum gänzlichen Stillstand an. Die Einheit beträgt 20 gr Gewichtszunahme für 20 Tage, eine außerhalb von unseren Versuchen liegende Grenze.

Der Mangel des Vitamins C (Skorbut) zeigt sich zunächst an den Wurzeln der Schneidezähne. Eine große Brüchigkeit der „Wurzeln" war in den Serien A und D teilweise zu beobachten. Ob die Erscheinungen aber schon an Skorbut grenzen, glaube ich nicht, zudem sie auch bei stärkerem Kochen der Milch durch die anderen Vitamine zum Teil aufgehoben werden konnten.

Ein gänzliches Fehlen des Vitamin D ruft auf die Dauer Rachitis hervor. — In der rohen Kuhmilch sind diese Vitamine in folgender Menge verteilt: $\overset{A}{+++}\ \overset{B}{++}\ \overset{C}{++}$ W. Vitamin A enthält demnach die höchstmögliche Menge, während diese bei C oft wechselt (W). Natürlich hängen diese Werte sehr von der Ernährung der Kühe ab.

Durch Erhitzen der Milch nun werden Verbindungen in ihr zerstört, die für den normalen Verlauf des Stoffwechsels notwendig sind: die löslichen Ca-Salze z. B. werden in unlöslichen phosphorsauren Kalk umgebildet. Die Zitronensäure in der Milch fällt aus (Zitronensaurer Kalk), umsomehr, je stärker die Milch erhitzt wird. Schließlich wird noch das Lezithin zersetzt.

Die Tierserie A wurde mit gekochter Milch gefüttert. Und zwar hatte man die Milch zwei- bis dreimal gut aufkochen lassen. Daraus erklärt sich das Gesamtbild der Untersuchungen in dieser Serie: es waren die Vitamine noch nicht ganz zerstört. Dem Grade der Zerstörung der Vitamine entspricht wohl am deutlichsten der Umfang der Störung in der Mineralisation der Zähne. Ein kurzes Aufkochen soll der Milch nicht schaden. Mir scheint diese Spanne aber zu gering, um sie näher auszuwerten. Die mikroskopischen Bilder wechselten so auch in schlimmsten und weniger starken Störungen. Aber ohne stärkere gestörte Mineralisation war in dieser Serie kein Zahn.

Die einseitige Ernährung mit Kuhmilch läßt die hin und wieder auftretenden Störungen in der B-Serie erklären (störendes Stoffwechselferment für den Organismus!). Das gute Gesamtergebnis aber läßt sich in der ungestörten Deutlichkeit nur noch mit der C-Serie der pasteurisierten Milch vergleichen. Selbst frühere Versuche an skorbutkranken Meerschweinchen ergaben, daß diese mit roher Milch zu heilen waren. Die Resultate zeigen, daß in Hinsicht auf die Vitamine und Erdsalze schon von einem „Ideal der Milch" gesprochen werden darf.

Den Vorteil gegenüber der rohen Milch hat die pasteurisierte, daß bei dem Erwärmen bis 63° Keime getötet und vielen Infektionen der Boden genommen wird. Fröhlich teilte schon 1912 mit, daß die auf (damals) 70° gebrachte und 30 Minuten lang erhitzte Milch den Tieren allein gegeben, den Skorbut gänzlich ausschließt; vorausgesetzt, daß die Tiere genügend zu sich nehmen. Noch eindeutiger sind die Ergebnisse unserer Versuchstiere.

Die umfangreichen Störungen in der D-Serie lassen sich in der trotzdem noch vorhandenen Verschiedenartigkeit wohl daraus erklären, daß die Vitamine je nach der Dauer des Kochens — was besonders für Vitamin B und C sehr wichtig — mehr oder weniger zerstört wurden. Schließlich dürfen wir eine hin und wieder günstigere Beeinflussung der als Beikost gegebenen Semmeln nicht übersehen, wenn diese auch in ihrer geringen Menge im Großen vernachlässigt werden kann. Die Ergebnisse aber zeitigen zusammengefaßt die größten Störungen. Der Prozeß hat sich ebenso schädigend auf die Vitamine wie auf die spätere Mineralisation ausgewirkt.

Zusammenfassung.

Die mitgeteilten Milchversuche zeigen, wenn auch in beschränktem Umfang, daß die Frage der Mineralisation der Zähne in weitestem Maße von der Zuführung der Vitamine und damit der günstigen Beeinflussung der Kalkfällung abhängig ist. Das Polarisationsmikroskop gibt einen Einblick in den verschieden-

artigen Aufbau des Zahnbeins mit seinen kleinsten Kristalliten. Die Störungen waren in der jeweiligen Tierserie mit der betreffenden Milchkost fast vollständig übereinstimmend. Die beste Mineralisation der Zähne zeitigten die mit pasteurisierter Milch gefütterten Tiere; ähnlich waren die mit roher Milch genährten Ratten. Ebenso wichtig wie das Erkennen der Störungen ist jetzt die Therapie. An Menschenzähnen wären dementsprechende weitere Untersuchungen zu machen. Und ein erfolgreiches Eindämmen der Kariesanfälligkeit beim Menschen wäre schließlich das erstrebenswerteste, wenn auch noch weitliegende Ziel.

Die Ergebnisse der Härteprüfungen je eines Zahnes aus den verschiedenen Milchserien will ich noch anfügen.

Die Zahlen geben die Größe der Kugeleindrücke an, die nach der Härteprüfungsmethode von Brinell gefunden wurden. Je kleiner der Kugeleindruck ist, desto härter ist der Zahn.

Serie	A:	246,9
„	B:	250,0
„	C:	240,7
„	D:	260,7
„	E:	199,0

Die Zahlen stammen aus den Durchschnittszahlen von mehreren Kugeleindrücken an verschiedenen Stellen des Zahnes.

Zum Schluß sei mir gestattet, Herrn Prof. Proell für die Überlassung des Themas, seine vielfache Unterstützung und Anregungen bei der Ausführung der vorliegenden Arbeit, sowie Herrn Dr. Diener für die jederzeitige Hilfsbereitschaft meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

Berg: Besteht die Möglichkeit, den Kalkstoffwechsel im zahnärztlichen Sinne zu beeinflussen? (Festschr. Zahnärztl. Inst. Greifswald 1926.)

Blessing, G.: Über die Bedeutung des antirachitischen Vitamins für die Zahnheilkunde. Deutsche Zahnheilkunde, H. 73, 1928.

Braikoff, B.: Kauwerkzeuge bei Ratte und Maus. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde, 1927, H. 4.

Degkwitz: Aus der Wachstums-Pathologie. (Festschr. Greifsw. 1926.)

Diener: Einfluß von Skorbut und Rachitis auf die Mineralisation der harten Zahnsubstanzen. D. Z. W. 1934, Nr. 32.

v. Ebner: Histologie der Zähne mit Einschluß der Histogenese. (Handbuch der Zahnheilkunde Scheff I. Bd. 02.)

— Über die histologischen Veränderungen des Zahnschmelzes während der Erhärtung, insbesondere beim Menschen. (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 67, 1906).

— Untersuchungen über das Verhalten des Knochengewebes im polarisierten Licht. (Sitzungsbericht d. Wiener Akad. math. natw. Kl. Abt. 3, Bd. 70, 1875).

— Über den feineren Bau der Knochensubstanz. (Sitzungsbericht d. Wiener Akad. math. natw. Kl. Abt. 3, Bd. LXXII.)

— Von den Zähnen. (A. Köllikers Handb. der Gewebelehre des Menschen, 6. Aufl. Bd. 3, S. 74.)

Eidmann: Die Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen. 1923.

Fröhlich, Th.: Untersuchungen über den infantilen Skorbut. (Zeitschrift für Hygiene 72. Bd. 1912.)

Gassmann, Th.: Chemische Untersuchungen von rachitischen und gesunden Knochen. (Zeitschrift für physiolog. Chemie Bd. 70, 161.)

— Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 178, 62 (1928) D. M. f. Z. 1921.

Gross: Die kristalline Struktur von Dentin und Zahnschmelz. (Festschr. Greifswald 1926.)

Keil: Über Doppelbrechung und Feinbau des menschl. Zahnbeins. (Zeitschrift für Zellforsch. und mikr. Anat. 1933.)

v. Korff: Die Entwicklung der Zahnbeingrundsubstanz der Säugetiere. (Archiv für mikr. Anat. 67. Bd. 1905.)

Kranz: Innere Sekretion in Beziehung zur Kieferbildung und Zahnentwicklung. (Deutsche Zahnheilkunde in Vorträgen, H. 32.)

Liesegang, R.: Zur Kalkchemie des Zahnes. (D. Z. W. H. 9, S. 103.)

Meyerheim, M.: Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung der Schneidezähne. (Dissertation Leipzig.)

Proell, F.: Vitalfärbung bei Tieren zum Studium der Verkalkungs- und Stoffwechselvorgänge in Kiefern und Zähnen. (Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde 43. Jahrg. 1927.)

— Studien über die harten Zahnsubstanzen. (Festschr. Greifsw. 1926.)

— Klima und Zivilisation in ihrer Auswirkung auf Körper und Zähne. 1926.

Proell-Diener: Modell und Tierversuche zum Problem der Verkalkung von Knochen. (Zeitschr. für Zellforsch. und mikr. Anat. 18. Bd. 1. u. 2. Heft).
— Über den Feinbau gesunder und kranker Zähne. (Zeitschr. f. Zellforschg. mikr. Anat. 19. Bd. 1933).
— Neuere Untersuchungen über die Zahnhartsubstanzen. (D. Z. W. No. 50. 1935).
Radosewic: Das Grundprinzip d. Stoffwechsels im Zahne. (D. M. f. Z. 1927 H. 4).
Richter: Härteprüfungen an Schmelz und Dentin. (Zeitschr. f. Stomat. 1931 No 5.)
Schmidt, W.: Die Bausteine des Tierkörpers im polarisierten Licht. 1924.
— Polarisationsoptische Analyse des submikroskopischen Baues von Zellen u. Geweben. (Handb. d. biolog. Arbeitsmeth. Abt. 5 Heft 3).
Schulz, M.: Makroskop. Untersuchungen an Schädeln, besonders der Kiefer, rachitischer Ratten und ihre Nutzanwendung auf die menschliche Kieferpathologie. Diss. Greifswald 1933.
Stepp, W.: Die Vitamine. (Zeitschr. f. Hygiene 72. Bd.)
Stiller, L.: Experimentelle Untersuchungen über das Wachstum der Nagetierzähne und seine funktionelle Abhängigkeit von der Art der Ernährung. (Diss. Halle 1923).
Walkhoff, O.: Die Vitamine in ihrer Bedeutung für die Entwicklung, Struktur und Widerstandsfähigkeit der Zähne gegen Erkrankungen. (Meusser 1929).
— Die Erdsalze in ihrer Bedeutung für die Zahnkaries. (Meusser 1913).
Wetzel: Die funktionelle Abhängigkeit des Wachstums der Nagetierzähne von der Ernährung und Beanspruchung. (Festschr. Greifsw. 1926.)

Lebenslauf.

Am 18. August 1911 wurde ich, Heinz Schafhausen in München-Gladbach geboren. Ich besuchte dort die Volksschule und das Realgymnasium. Seit Untersekunda war ich am Realgymnasium in Odenkirchen, an dem ich am 19. Februar 1932 die Reifeprüfung ablegte. Im Sommersemester desselben Jahres begann ich in Marburg das zahnärztliche Studium und bestand dort im August 1933 das Physikum. Vom Wintersemester 1933/34 an studierte ich in Bonn. Am 18. Oktober 1935 bestand ich das zahnärztliche Staatsexamen und erhielt gleichzeitig die Approbation als Zahnarzt.